

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-060928

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.Cl. C23C 14/06
C23C 14/34
F16C 33/24

(21)Application number : 2000-248037 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC
IND CO LTD

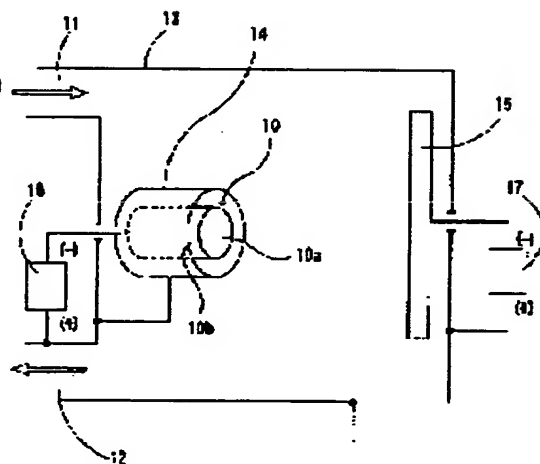
(22)Date of filing : 18.08.2000 (72)Inventor : HATAYAMA TAKESHI
YAMADA OSAMU

(54) FILM DEPOSITION METHOD ON ROTARY SHAFT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a film deposition method for forming an excellent hard carbon film on a bearing of a rotary shaft, and an end face of the rotary shaft sliding and coming into contact and a circumferential surface of the rotary shaft in a slide bearing.

SOLUTION: The end face 10a of the rotary shaft 10 faces a vapor deposition source 15 inside a vacuum tank 13 having the vapor deposition source 15. The rotary shaft 10 is connected to a bias voltage source 16. An auxiliary electrode 14 connected to the grounding potential with a space therebetween is installed around the circumferential surface 10b of the rotary shaft 10. Argon gas and gas containing carbon is mixed with each other and introduced from a gas inlet 11, the bias voltage is applied to the rotary shaft 10, the voltage of a sputter power source 17 is applied to the vapor deposition source 15 to generate plasma in the vacuum tank 13. The hard carbon film is deposited on the end face 10a and the circumferential surface 10b of the rotary shaft 10 by generating plasma between the auxiliary electrode 14 and the circumferential surface 10b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-60928
(P2002-60928A)

(43)公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	F 3 J 0 1 1
14/34		14/34	N 4 K 0 2 9
F 1 6 C 33/24		F 1 6 C 33/24	Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2000-248037(P2000-248037)

(22)出願日 平成12年8月18日(2000.8.18)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 畑山 健

香川県高松市古新町8番地の1 松下寿電
子工業株式会社内

(72)発明者 山田 修

香川県高松市古新町8番地の1 松下寿電
子工業株式会社内

(74)代理人 100068087

弁理士 森本 義弘

Fターム(参考) 3J011 AA20 CA05 DA02 MA21

4K029 AA02 AA21 BA34 BC02 BD04

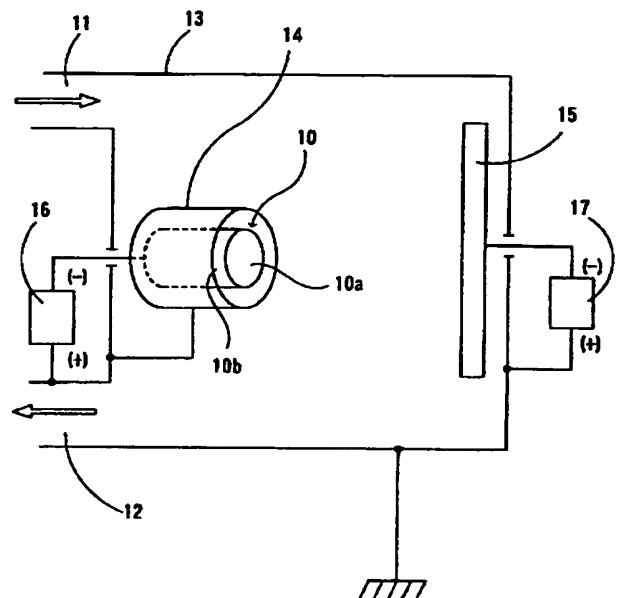
CA04 CA06 CA13 JA08

(54)【発明の名称】 回転軸への成膜方法

(57)【要約】

【課題】 すべり軸受において、回転軸の軸受と、摺接する回転軸の端面と円周面に硬質炭素膜を良好に形成する成膜方法を提供する。

【解決手段】 蒸発源15を備えた真空槽13内において、回転軸10の端面10aが蒸発源15と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続する。そして、回転軸10の円周面10bの周囲に、距離をおいて接地電位と接続された補助電極14を設置する。ガス導入口11からアルゴンガスと炭素を含むガスを混合し導入し、その後、回転軸10にバイアス電圧を印加し、蒸発源15にはスパッタ電源17を印可し、真空槽内13にプラズマを発生させる。また補助電極14と円周面10bとの間にプラズマを発生させることにより、回転軸10の端面10aと円周面10bとに硬質炭素膜を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項2】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がイオンプレーティング装置の陽極と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項3】 請求項1記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸をその端面が蒸発源と対向するように配置し、各回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項4】 請求項2記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸をその端面がイオンプレーティング装置の陽極と対向するように配置し、各回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項5】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の円周面がスパッタリング装置の蒸発源と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、回転軸を回転させながら、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを

特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項6】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の円周面がイオンプレーティング装置の陽極と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、回転軸を回転させながら、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項7】 請求項5記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸を、その円周面が蒸発源と対向し、各回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、各回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項8】 請求項6記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸をその円周面がイオンプレーティング装置の陽極と対向し、各回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、各回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項9】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、スパッタリング装置の蒸発源として炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の前記中間層材料の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の前記炭素を含む材料の蒸発源と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項10】 軸受により回転自在に支持される回転

軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、イオンプレーティング装置の蒸発源としても機能する陽極に炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記端面がイオンプレーティング装置の前記中間層材料の陽極と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記端面がイオンプレーティング装置の前記炭素を含む材料の陽極と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項11】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、スパッタリング装置の蒸発源として炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記円周面がスパッタリング装置の前記中間層材料の蒸発源と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記円周面がスパッタリング装置の前記炭素を含む材料の蒸発源と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項12】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、イオンプレーティング装置の蒸発源としても機能する陽極に炭素を含む材料、

及び中間層材料を配設し、回転軸の前記円周面がイオンプレーティング装置の前記中間層材料の陽極と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記円周面がイオンプレーティング装置の前記炭素を含む材料の陽極と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項13】 請求項9～12の何れかに記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、補助電極として中間層材料を用いていることを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項14】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間に電圧を印加させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【請求項15】 軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の円周面がスパッタリング装置の蒸発源と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、回転軸を回転させながら、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の端面と前記補助電極との間に電圧を印加させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする回転軸への成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク記録装置や光ディスク記録装置に用いられるスピンドルモータの軸受け等の摺動部品における耐摩耗性を向上させるための、炭素硬質膜の成膜技術に関する。

【0002】

【従来の技術】硬質炭素膜(DLC)は非常に硬度が高いため摩耗に強く、また、自己潤滑性に優れて、表面粗さも非常に少ないため、摩擦係数が非常に少ない。さらに、物質的に安定であり、化学的な耐久性も高い。そのため、磁気ディスク記録装置の記録面及び記録ヘッド表面やスピンドルモータの軸受け摺動部に保護膜として用いることが有望視されている。

【0003】成膜対象としての回転軸への従来の成膜方法としては、特開平11-132224号公報に記載されたものが知られている。図11及び図12は従来の回転軸への成膜方法を行う成膜装置の構造を概略的に示している。図11において、13は成膜作業を行う真空槽で、この真空槽13は、ガス導入口11及び排気口12を有するとともに、内部に、スパッタ直流電源17に接続された蒸発源15と、成膜対象としての回転軸10が取付けられるワークホルダ23とを備えている。

【0004】回転軸10への成膜作業は以下のようにして行う。図12(a)に示すように、回転軸10の円周面にマスキング21を施し、回転軸10の端面10aが蒸発源15と対向するようにワークホルダ23に配置し、その後、真空槽13内を所定の圧力以下に排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスを導入する。さらにその後、蒸発源15にスパッタ直流電源17からスパッタ電圧を印加してスパッタを行う。また、回転軸10の円周面10bに対しては、図12(b)に示すように、回転軸10の円周面10bを蒸発源15と対向するように配置し、膜質が均一になるように回転軸10の円周方向に回転を与え、前記成膜方法と同様に成膜を行う。以上のように回転軸10の場合、端面10aと円周面10bとは方向が異なるため、2工程に分割し、回転軸10の端面10aと円周面10bとに硬質炭素膜の成膜を行っている。

【0005】また、上述した第1の成膜方法とは異なる第2の成膜方法としては、蒸発源15と回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させ、そのプラズマの円周面10b付近への回り込みを利用して、回転軸10の端面10aと円周面10bとに同時に成膜を行う方法がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記第1の成膜方法は、回転軸10の端面10aと円周面10bとを2工程に分割して成膜を行うため、工程が2回必要となり、成膜コスト等面で問題がある。このように成

膜コストが高価となる回転軸10を、低価格の量産品である磁気ディスク記録装置等のスピンドルモータの軸受部品等に用いることは現実的ではない。

【0007】また、回転軸10の端面10aを蒸発源15と対向するように設置し、回転軸10の端面10aと円周面10bとに同時に成膜を行う上記第2の成膜方法を採用した場合には、回転軸10の円周面10bは、蒸発源15に対して遠ざかるように配置されているので、プラズマの入射エネルギーが弱くなって、炭素硬質膜が良好には成膜されない。また、この第2の成膜方法を用いて、図13に示すように、多数の回転軸10を並べて成膜する場合、回転軸10の端面10aにおいては良好に成膜されるものの、回転軸10の円周面10bにおいては、各回転軸10の円周面10b同士の間隔が狭くなり、等電位同士が対向している空間となるため、回転軸10の円周面10b付近にはプラズマが発生せず、硬質炭素膜が形成されにくくなり、回転軸10の端面10aと円周面10bとの膜厚比は約3:1となり、膜厚が均一にならない問題がある。そして、硬質炭素膜の密着性及び硬度が、回転軸10の端面10aよりも、円周面10bの成膜品質が低下することとなる。

【0008】本発明は上記問題や課題を解決するもので、回転軸の円周面と端面とに同時に均一な膜厚で高い密着性を有する硬質炭素膜を成膜することができ、且つ、回転軸の量産性を向上できて安価に成膜できる回転軸への成膜方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記問題や課題を解決するために本発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とし、これにより、蒸発源から放出された成膜粒子がイオン化されて回転軸の端面と円周面とに成膜する。

【0010】また、複数の回転軸の円周面への成膜方法は、各円周面の周囲に所定の間隔をあけて、接地電位と接続された補助電極を設置することにより、回転軸同士の間隔が狭くなった場合においても、等電位の部位同士が対向している空間がなくなるのえ、回転軸の円周面と補助電極との間にプラズマを発生させると、蒸発源から放出された成膜粒子が回転軸の円周面と補助電極との間のプラズマで良好にイオン化されて円周面にも成膜す

る。以上のように、回転軸の端面と円周面を同時に成膜ができる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする。

【0012】この成膜方法により、回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、回転軸の円周面と補助電極との間にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子を回転軸の円周面と補助電極との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の端面だけでなく円周面にも、膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0013】本発明の請求項2に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がイオンプレーティング装置の陽極と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする。

【0014】この成膜方法により、回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、陽極と回転軸の端面との間でプラズマを発生させることで成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、回転軸の円周面と補助電極との間にプラズマを発生させ、成膜粒子を補助電極と回転軸の円周面との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の端面だけでなく円周面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0015】本発明の請求項3に記載の発明は、請求項

1記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸をその端面が蒸発源と対向するように配置し、各回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする。

【0016】この成膜方法により、複数の回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させ蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、複数の回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、各回転軸に対応させて補助電極を設けることにより、等電位の部位同士が対向する空間をなくし、各回転軸の円周面と各補助電極との間にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子を各回転軸の円周面と各補助電極との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、複数の回転軸の端面だけでなく円周面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0017】本発明の請求項4に記載の発明は、請求項2記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸をその端面がイオンプレーティング装置の陽極と対向するように配置し、各回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする。

【0018】この成膜方法により、複数の回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、陽極と複数の回転軸の端面との間にプラズマを発生させ、成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、複数の回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、補助電極を設けることにより、等電位の部位同士が対向する空間をなくし、各回転軸の円周面と各補助電極との間にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子を各回転軸の円周面と各補助電極との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、複数の回転軸の端面だけでなく円周面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0019】本発明の請求項5に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の円周面がスパッタリング装置の蒸発源と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、回転軸を回転させながら、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする。

【0020】この成膜方法により、回転軸の円周面への

硬質炭素膜の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、回転軸の端面と補助電極との間にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子を補助電極と回転軸の端面との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0021】本発明の請求項6に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の円周面がイオンプレーティング装置の陽極と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、回転軸を回転させながら、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする。

【0022】この成膜方法により、回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、陽極と回転軸の円周面との間にプラズマを発生させ成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、回転軸の端面と補助電極との間にプラズマを発生させ、成膜粒子を補助電極と回転軸の端面との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0023】本発明の請求項7に記載の発明は、請求項5記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸を、その円周面が蒸発源と対向し、各回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、各回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする。

【0024】この成膜方法により、複数の回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させ蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、複数の回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、各回転軸に対応させて補助電極を設けることにより、等電位の部位同士が対向する空間をなくし、各回転軸の端面と各補助電極との間にプラズマを発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子を各補助電極と回転軸の端面との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、

複数の回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0025】本発明の請求項8に記載の発明は、請求項6記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、複数の回転軸をその円周面がイオンプレーティング装置の電極と対向し、各回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、各回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極をそれぞれ配置したことを特徴とする。

【0026】この成膜方法により、複数の回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、陽極と複数の回転軸の円周面との間にプラズマを発生させることで成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、複数の回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、補助電極を設けることにより、等電位の部位同士が対向する空間をなくし、各回転軸の端面と各補助電極との間にプラズマを発生させ、成膜粒子を補助電極と回転軸の端面との間のプラズマ内でイオン化させて成膜することができる。よって、複数の回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成できる。

【0027】本発明の請求項9に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、スパッタリング装置の蒸発源として炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の前記中間層材料の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の前記炭素を含む材料の蒸発源と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする。

【0028】この成膜方法により、回転軸の端面への中間層の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させて中間層蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の円周面への中間層の成膜については、回転軸の円周面と補助電極との間にプラズマを発生させてイオン化させ、中間層材質

で形成された補助電極をスパッタすることで中間層材質の成膜粒子が放出され、前記成膜粒子をイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の端面だけでなく円周面にも膜厚が均一で密着性の良い中間層膜を形成することができ、この後、硬質炭素膜を同様に形成することで、硬質炭素膜の密着性を向上させることができる。

【0029】本発明の請求項10に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、イオンプレーティング装置の蒸発源としても機能する陽極に炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記端面がイオンプレーティング装置の前記中間層材料の陽極と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記端面がイオンプレーティング装置の前記炭素を含む材料の陽極と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする。

【0030】この成膜方法により、回転軸の端面への中間層の成膜においては、真空槽内にプラズマを発生させて中間層蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の円周面への中間層の成膜については、回転軸の円周面と補助電極との間にプラズマを発生させ、中間層材質で形成された補助電極をスパッタすることで中間層材質の成膜粒子が放出され、前記成膜粒子をイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の端面だけでなく円周面にも膜厚が均一で密着性の良い中間層膜を形成することができ、この後、硬質炭素膜を同様に形成することで、硬質炭素膜の密着性を向上させることができる。

【0031】本発明の請求項11に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、スパッタリング装置の蒸発源として炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記円周面がスパッタリング装置の前記中間層材料の蒸発源と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配

置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記円周面がスパッタリング装置の前記炭素を含む材料の蒸発源と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを有することを特徴とする。

【0032】この成膜方法により、回転軸の円周面への中間層の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させて中間層蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の端面への中間層の成膜については、回転軸の端面と補助電極との間にプラズマを発生させてイオン化させ、中間層材質で形成された補助電極をスパッタすることで中間層材質の成膜粒子が放出され、前記成膜粒子をイオン化させて成膜することができる。よって、回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で密着性の良い中間層膜を形成することができ、この後、硬質炭素膜を同様に形成することで、硬質炭素膜の密着性を向上させることができる。

【0033】本発明の請求項12に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、イオンプレーティング装置により中間層を介して硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、イオンプレーティング装置の蒸発源としても機能する陽極に炭素を含む材料、及び中間層材料を配設し、回転軸の前記円周面がイオンプレーティング装置の前記中間層材料の陽極と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、不活性ガスを真空槽内に導入する第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに中間層を同時に形成する第3の工程と、その後、真空状態を保持し、回転軸の前記円周面がイオンプレーティング装置の前記炭素を含む材料の陽極と対向するように再配置する第4の工程と、その後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第5の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、回転軸の前記端面と前記補助電極との間にプラズマを発生させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第6の工程とを

有することを特徴とする。

【0034】この成膜方法により、回転軸の円周面への中間層の成膜においては、真空槽内にプラズマを発生させて中間層蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の端面への中間層の成膜については、回転軸の端面と補助電極との間にプラズマを発生させ、中間層材質で形成された補助電極をスパッタすることで中間層材質の成膜粒子が放出され、前記成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、よって、回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で密着性の良い中間層膜を形成することができ、この後、硬質炭素膜を同様に形成することで、硬質炭素膜の密着性を向上させることができる。

【0035】本発明の請求項13に記載の発明は、請求項9～12の何れかに記載の回転軸への成膜方法における第1工程において、補助電極として中間層材料を用いていることを特徴とする。

【0036】本発明の請求項14に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の前記端面がスパッタリング装置の蒸発源と対向するように配置し、回転軸の円周面の周囲に間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とする第2の工程と、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の円周面と前記補助電極との間に電圧を印加させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする。

【0037】この成膜方法により、回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させ蒸発源からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜することができ、また、回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜においては、回転軸の円周面と補助電極との間に電界を発生させ、蒸発源からスパッタされた成膜粒子は、回転軸の円周面と補助電極との間を通過すると、イオンの飛行軌道が回転軸の円周面方向に引き寄せられて成膜する。よって、回転軸の端面だけでなく円周面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成することができる。

【0038】本発明の請求項15に記載の発明は、軸受により回転自在に支持される回転軸の、軸受と摺接する端面及び円周面に、スパッタリング装置により硬質炭素膜を形成する回転軸への成膜方法であって、回転軸の円周面がスパッタリング装置の蒸発源と対向し、回転軸がほぼその軸心を中心に回転自在となるように配置し、回転軸の前記端面から間隔をおいて補助電極を配置する第1の工程と、真空槽内を真空にした後、炭素を含むガス、及び不活性ガスを真空槽内に導入して混合状態とす

る第2の工程と、回転軸を回転させながら、前記真空槽内にプラズマを発生させると同時に、前記回転軸の端面と前記補助電極との間に電圧を印加させることにより、回転軸の前記端面と円周面とに硬質炭素膜を同時に形成する第3の工程とを有することを特徴とする。

【0039】この成膜方法により、回転軸の円周面への硬質炭素膜の成膜については、真空槽内にプラズマを発生させ蒸発源からスパッタされた成膜粒子を成膜することができ、また、回転軸の端面への硬質炭素膜の成膜については、回転軸の端面と補助電極との間に電界を発生させることで、蒸発源からスパッタされた成膜粒子は、回転軸の端面と補助電極との間を通過すると、イオンの飛行軌道が回転軸の端面方向に引き寄せられ成膜する。よって、回転軸の円周面だけでなく端面にも膜厚が均一で硬度や密着性の高い硬質炭素膜を良好に形成することができる。

【0040】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。なお、成膜対象物としての回転軸は、一方の端面と円周面とが摺接した状態で軸受に回転自在に支持されるものであり、これらの軸受と回転軸とによりすべり軸受を構成して使用される。また、従来の成膜方法に用いた成膜装置の各構成要素とほぼ同機能のものには同符号を付す。

【0041】まず、本発明の請求項1に対応する実施の形態を説明する。図1は本発明の実施の形態にかかる回転軸への成膜方法を実施するための成膜装置を概略的に示すものである。

【0042】成膜装置は、内部を真空にするための排気口12と内部にガスを導入するガス導入口11とを有する真空槽13と、真空槽13内に配設され、成膜粒子を放出するスパッタリング装置の蒸発源15と、成膜対象物としての回転軸10を端面（摺接する側の端面）10aがスパッタリング装置の蒸発源15と対向するように配置する回転軸支持手段としてのワークホルダ（図示せず）と、回転軸10の円周面10bの周囲に所定間隔をおいて配置されて、接地電位と接続され、回転軸10の円周面10bとの間にプラズマを発生させる円筒形状の補助電極14とを備えている。成膜時に回転軸10はバイアス電圧電源16に接続される。なお、蒸発源15としてはカーボンが用いられる。また、17は蒸発源15が接続されているスパッタ電源である。

【0043】図1に示すように、内部に蒸発源15を備えた真空槽13内において、回転軸10を、その端面10aが蒸発源15と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続し、回転軸10の円周面10bの周囲に、所定の距離をおいて接地電位と接続された補助電極14を設置する。

【0044】そして、真空槽13内を真空度が110⁻⁵Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスと炭素を含むガス

とを所定の比率で混合して導入し、真空度を 3.0×10^{-3} Torrになるように制御する。このとき、炭素を含むガスとしてアセチレンガスやメタンガスやベンゼンガス等を用いる。

【0045】その後、回転軸10にバイアス電圧電源16から、負電位にして約50~2000Vを印加し、蒸発源15にスパッタ電源17を印可し、回転軸10の端面10aに対しては、真空槽13内に蒸発源15と回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させ、このプラズマ内で蒸発源15からスパッタされた成膜粒子をイオン化させて成膜する。また、回転軸10の円周面10bに対しては、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間にプラズマを発生させる。蒸発源15からスパッタされた成膜粒子は、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間のプラズマ中に入るとイオン化され、円周面10bに成膜する。よって、円周面10bにも端面10aと同様な硬質炭素膜の成膜が可能となり、膜質、硬度、密着性、膜厚がそれぞれ均一化された硬質炭素膜を良好に形成することができる。

【0046】次に、本発明の請求項2に対応する実施の形態を説明する。図2は本発明の実施の形態にかかる回転軸への成膜方法を実施するための成膜装置を概略的に示すものである。

【0047】この実施の形態における成膜装置においては、上記実施の形態におけるスパッタリング装置に代えてイオンブレーティング装置が設けられている。そして、イオンブレーティング装置の陽極22に対して、回転軸10の端面10aが対向するように回転軸10がワークホルダ（図示せず）に配置されている。なお、18、19はイオンブレーティング装置のフィラメント及びフィラメント電源である。

【0048】図2に示すように、内部に陽極22を備えた真空槽13内において、回転軸10をその端面10aが陽極22と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続され、回転軸10の円周面10bの周囲に所定の距離をおいて接地電位と接続された補助電極14を設置する。

【0049】そして、真空槽13内を真空度が 1.1×10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスと炭素を含むガスを所定の比率に混合して導入し、真空度を 1×10^{-2} Torr以下になるように制御する。このとき、炭素を含むガスとしてアセチレンガスやメタンガスやベンゼンガス等を用いる。

【0050】その後、回転軸10にバイアス電圧電源16から、負電位にして約2000~5000Vを印加し、陽極22に電圧を印可し、回転軸10の端面10aに対しては、真空槽13内に陽極22と回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させ、このプラズマ内で成膜粒子をイオン化させて成膜する。また、回転軸1

0の円周面10bに対しては、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間にプラズマを発生させ、成膜粒子が回転軸10の円周面10bと補助電極14との間のプラズマ中に入るとイオン化され、円周面10bに硬質炭素膜が成膜される。これにより上記実施の形態と同等の効果が得られる。

【0051】次に、本発明の請求項3、請求項4に対応する実施の形態を説明する。図3、図4は本発明の実施の形態にかかる複数の回転軸への成膜方法を実施するための成膜装置を概略的に示すものである。

【0052】図3に示す成膜装置においては、複数の回転軸10をその端面10aが蒸発源15と対向するように配置し、各回転軸10の円周面10bの周囲に、間隔をおいて補助電極14をそれぞれ配置している。

【0053】図3に示すように、複数の回転軸10に対して同時に成膜する場合、回転軸10に負電圧を印加し、各回転軸10の円周面10bの周囲に、接地電位と接続された補助電極14を設置する。このように、各回転軸10に対応してそれぞれ補助電極14を設置することで、従来の場合のような等電位同士が対向している空間がなくなるため、各回転軸10の円周面10b付近にプラズマが良好に発生し、各回転軸10の端面10a及び円周面10bに良好に硬質炭素膜を形成できる。

【0054】図4に示す成膜装置においては、複数の回転軸10をその端面10aがイオンブレーティング装置の電極22と対向するように配置し、各回転軸10の円周面10bの周囲に間隔をおいて補助電極14をそれぞれ配置している。

【0055】この場合においても、図4に示すように、複数の回転軸10に対して同時に成膜する場合、回転軸10に負電圧を印加し、各回転軸10の円周面10bの周囲に、接地電位と接続された補助電極14を設置する。このように、各回転軸10に対応してそれぞれ補助電極14を設置することで、従来の場合のような等電位同士が対向している空間がなくなるため、各回転軸10の円周面10b付近にプラズマが良好に発生し、各回転軸10の端面10a及び円周面10bに良好に硬質炭素膜を形成できる。

【0056】また、上記の実施の形態において、回転軸10に硬質炭素膜を成膜する前に、イオンクリーニング（ボンバード）を回転軸10や真空槽13内の洗浄として用いると、回転軸10に対する硬質炭素膜の密着性を向上させることができる。このように、回転軸10の端面10aおよび円周面10bにイオンクリーニングを行う場合を、図5を用いて説明する。

【0057】図5に示すように、スパッタリング装置を有する成膜装置でイオンクリーニングを行う場合は、内部に蒸発源15とフィラメント18を備えた真空槽13内において、回転軸10の端面10aが蒸発源15と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源

16に接続する。また、回転軸10の円周面10bの周囲に、所定の距離をおいて接地電位と接続された補助電極14を設置する。そして、真空槽13内を真空度が 1.1×10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスのみを導入して真空度を 3.0×10^{-3} Torrになるように制御する。

【0058】その後、回転軸10にはバイアス電圧電源16から、負電位にして約50~2000Vを印加し、フィラメント電源19からフィラメント18に電圧を印可し、回転軸10の端面10aに対しては、真空槽13内にフィラメント18と回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させ、アルゴンガスをイオン化させてイオンクリーニングを行う。また、回転軸10の円周面10bに対しては、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間にプラズマを発生させ、アルゴンガスをイオン化させてイオンクリーニングを行う。

【0059】また、イオンプレーティング装置を有する成膜装置でイオンクリーニングを行う場合においても、ガス導入口11からアルゴンガスのみを導入することにより、同様な作用効果が得られる。

【0060】なお、図1~図5に示す各実施の形態において、補助電極14は回転軸10の円周面10bより離れていればよいが、補助電極14と回転軸10の円周面10bとの最も好ましい離間距離は、4~10mm程度である。また、この補助電極14はステンレス等の金属材料で作成することが好ましい。

【0061】次に、本発明の請求項5に対応する実施の形態を説明する。図6は本発明の他の実施の形態にかかる回転軸への成膜方法を実施するための成膜装置を概略的に示すものである。

【0062】成膜装置は、内部を真空にするための排気口12と内部にガスを導入するガス導入口11とを有する真空槽13と、真空槽13内に配設され、成膜粒子を放出するスパッタリング装置の蒸発源15と、成膜対象物としての回転軸10を、その軸心を中心に回転自在に支持し、円周面10bがスパッタリング装置の蒸発源15と対向するように配置する回転軸支持手段としてのワークホルダ（図示せず）と、回転軸10の端面10aの周囲に所定間隔をおいて配置されて、接地電位と接続され、回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させる円板形状の補助電極20とを備えている。成膜時に回転軸10はバイアス電圧電源16に接続される。なお、蒸発源15としてはカーボンが用いられる。また、17は蒸発源15が接続されているスパッタ電源である。

【0063】図6に示すように、内部に蒸発源15を備えた真空槽13内において、回転軸10は、その円周面10bが蒸発源15と対向するように配置されて回転される。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続され、

回転軸10の端面から所定の距離をおいて、接地電位と接続された補助電極14を設置する。

【0064】そして、真空槽13内を真空度が 1.1×10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスと炭素を含むガスを所定の比率に混合して導入し、真空度を 3.0×10^{-3} Torrになるように制御する。このとき、炭素を含むガスとしてアセチレンガスやメタンガスやベンゼンガス等を用いる。

【0065】その後、回転軸10にバイアス電圧電源16から、負電位にして約50~2000Vを印加し、蒸発源15にスパッタ電源17を印可し、回転軸10の円周面10bに対しては、真空槽13内に蒸発源15と回転軸10の円周面10bとの間にプラズマを発生させ、蒸発源15からスパッタされた成膜粒子を蒸発源15と回転軸10の円周面10bとの間のプラズマ内でイオン化させて成膜する。また、回転軸10の端面10aに対しては、回転軸10の端面10aと補助電極14との間にプラズマを発生させる。蒸発源15からスパッタされた成膜粒子は、回転軸10の端面10aと補助電極14との間のプラズマ中に入るとイオン化され、端面10aに成膜する。よって、端面10aにも円周面10bと同様な硬質炭素膜の成膜が可能となり、膜質、硬度、密着性、膜厚がそれぞれ均一化された硬質炭素膜を良好に形成することができる。

【0066】次に、本発明の請求項6に対応する実施の形態を説明する。図7は本発明の実施の形態にかかる回転軸への成膜方法を実施するための成膜装置を概略的に示すものである。

【0067】この実施の形態における成膜装置においては、上記図6に示した実施の形態におけるスパッタリング装置に代えてイオンプレーティング装置が設けられている。そして、イオンプレーティング装置の陽極22に、回転軸10がその円周面10bが対向するように回転自在に配置されている。なお、18、19はイオンプレーティング装置のフィラメント及びフィラメント電源である。

【0068】図7に示すように、内部に陽極22を備えた真空槽13内において、回転軸10をその円周面10bが陽極22と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続され、回転軸10の端面10aから所定の距離をおいて、接地電位と接続された補助電極20を設置する。

【0069】そして、真空槽13内を真空度が 1.1×10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスと炭素を含むガスを所定の比率で混合して導入し、真空度を 1×10^{-2} Torr以下になるように制御する。このとき、炭素を含むガスとしてアセチレンガスやメタンガスやベンゼンガス等を用いる。

【0070】その後、回転軸10をその軸心を中心に回転させながら、回転軸10にバイアス電圧電源16から、負電位にして約2000～5000Vを印加し、陽極22に電圧を印可し、回転軸10の円周面10bに対しては、真空槽13内に陽極22と回転軸10の円周面10bとの間にプラズマを発生させ、このプラズマ内で成膜粒子をイオン化させて成膜する。また、回転軸10の端面10aに対しては、回転軸10の端面10aと補助電極14との間にプラズマを発生させ、成膜粒子は回転軸10の端面10aと補助電極14との間のプラズマ中に入るとイオン化され、端面10aに硬質炭素膜を成膜することにより上記実施の形態と同等の効果が得られる。

【0071】次に、本発明の請求項7、請求項8に対応する実施の形態を説明する。図8、図9は本発明の実施の形態にかかる複数の回転軸への成膜方法を実施するための成膜装置を概略的に示すものである。

【0072】図8に示す成膜装置においては、複数の回転軸10をその円周面10bが蒸発源15と対向するように配置し、各回転軸10の端面10aから間隔をおいて補助電極20をそれぞれ配置している。

【0073】図8に示すように、複数の回転軸10に対して同時に成膜する場合、回転軸10をその軸心を中心に回転させながら、回転軸10に負電圧を印加し、各回転軸10の端面10aに対向させて、接地電位と接続された補助電極20を設置する。このように、各回転軸10に対応してそれぞれ補助電極20を設置することで、従来の場合のような等電位同士が対向している空間がなくなるため、各回転軸10の端面10a付近にプラズマが良好に発生し、各回転軸10の端面10a及び円周面10bに良好に硬質炭素膜を形成できる。

【0074】図9に示す成膜装置においては、複数の回転軸10をその円周面10bがイオンブレーティング装置の電極22と対向するように配置し、各回転軸10の端面10aから間隔をおいて補助電極20をそれぞれ配置している。

【0075】この場合においても、図9に示すように、複数の回転軸10に対して同時に成膜する場合、回転軸10に負電圧を印加し、各回転軸10の端面10aに対向させて、接地電位と接続された補助電極14を設置する。このように、各回転軸10に対応してそれぞれ補助電極20を設置することで、従来の場合のような等電位同士が対向している空間がなくなるため、各回転軸10の端面10a付近にプラズマが良好に発生し、各回転軸10の端面10a及び円周面10bに良好に硬質炭素膜を形成できる。

【0076】また、上記の図6～図9に示す各実施の形態においても、回転軸10に硬質炭素膜を成膜する前に、イオンクリーニング（ボンバード）を回転軸10や真空槽13内の洗浄として用いると、回転軸10に対す

る硬質炭素膜の密着性の向上を図ることができる。

【0077】図10に示すように、スパッタリング装置を有する成膜装置で回転軸10の端面10aと円周面10bとにイオンクリーニングを行う場合には、内部に蒸発源15とフィラメント18を備えた真空槽13において、回転軸10の円周面10bが蒸発源15と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続する。また、回転軸10の端面10aから所定の距離をおいて、接地電位と接続された補助電極20を設置する。そして、真空槽13内を真空度が 1.10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスのみを導入して真空度を 3.010^{-3} Torrになるように制御する。

【0078】その後、回転軸10をその軸心を中心に回転させながら、回転軸10にバイアス電圧電源16から、負電位にして約50～2000Vを印加し、フィラメント電源19からフィラメント18に電圧を印可し、回転軸10の円周面10bに対しては、真空槽13内にフィラメント18と回転軸10の円周面10bとの間にプラズマを発生させ、アルゴンガスをイオン化させてイオンクリーニングを行う。また、回転軸10の端面10aに対しては、回転軸10の端面10aと補助電極20との間にプラズマを発生させ、アルゴンガスをイオン化させてイオンクリーニングを行う。

【0079】また、イオンブレーティング装置を有する成膜装置でイオンクリーニングを行う場合においても、ガス導入口11からアルゴンガスのみを導入することにより、同様な作用効果が得られる。

【0080】なお、図6～図10に示す各実施の形態においても、補助電極20は回転軸10の端面10aより離れていればよいが、補助電極20と回転軸の端面10aとの最も好ましい離間距離は、4～10mm程度である。また、この補助電極20はステンレス等の金属材料で作成ことが好ましい。

【0081】次に、本発明の請求項9に対応する実施の形態を説明する。この実施の形態では、図1に示した成膜装置を使用して、回転軸10の端面10aと円周面10bとに、まず中間層を形成した後に、硬質炭素膜を形成する。つまり、硬質炭素膜は金属材料に対して、密着性が悪く、特にすべり軸受の加工性の面から回転軸10としてはアルミニウム、真鍮、ステンレス等を用いており、これらの金属は硬質炭素膜との密着性の良好でないものが多いため、回転軸10への中間層膜の成膜方法を用いて、回転軸10の材質と密着性の良い中間層を形成し、その後、硬質炭素膜を成膜するものである。ここで、中間層としては、例えばチタン、クロム、タングステン、シリコンなどが適している。

【0082】以下にこの成膜方法の手順を説明する。図1に示すように、まず、内部に蒸発源15を備えた真空槽13内において、回転軸10を、その端面10aが蒸

蒸発源15と対向するように配置し、蒸発源15として上述した中間層材料を用いる。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続し、回転軸10の円周面10bの周囲に、所定の距離をおいて接地電位と接続された補助電極14を設置する。なお、中間層材料としてはチタン、クロム、タングステン、シリコンの少なくとも一部を含む材料を用いてもよく、また、補助電極14として中間層材料を用いてもよい。

【0083】そして、真空槽13内を真空度が 1×10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスのみを導入して真空度を 3.0×10^{-3} Torrになるように制御する。

【0084】その後、回転軸10にバイアス電圧電源16から、負電位にして約50~2000Vを印加し、中間層材料の蒸発源15にスパッタ電源17を印可し、回転軸10の端面10aに対しては、真空槽13内に蒸発源15と回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させ、中間層材料の蒸発源15からスパッタされた成膜粒子を蒸発源15と回転軸10の端面10aとの間のプラズマ内でイオン化させて中間層を成膜する。また、回転軸10の円周面10bに対しては、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間にプラズマを発生させる。蒸発源15からスパッタされた中間層材質の成膜粒子は、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間のプラズマ中に入るとイオン化され、円周面10bに成膜する。よって、円周面10bにも端面10aと同様な中間層の成膜が可能となる。

【0085】この後、真空状態を保持したまま、蒸発源15として中間層に代えてカーボンに置き換え、同様の手順（但し、この際には真空槽13にアルゴンガスと炭素を含むガスを所定の比率で導入して成膜する）で、端面10a及び円周面10bに中間層が形成された回転軸10に対して硬質炭素膜を成膜する。これによれば、回転軸10の材質と密着性の良い中間層を介して硬質炭素膜が成膜されるため、中間層を成膜しない場合に比べて密着性が向上する。

【0086】また、図6に示すように、真空槽13内に回転軸10をその軸心を中心に円周方向に回転する機構を有するワークホルダー（図示せず）を設置し、回転軸10の円周面10bが中間層材料の蒸発源15と対向するように配置し、回転軸10をバイアス電圧電源16に接続し、回転軸10の端面10aから所定の距離をおいて補助電極20を設置し、同様に回転軸10の端面10a及び円周面10bに中間層を成膜し、その後、硬質炭素膜を成膜しても同様の作用効果が得られる。

【0087】また、図2や図7に示すようなイオンプレーティング装置を用いて、真空槽13内に陽極22としても機能する中間層材量の蒸発源を設置し、前記蒸発源に正電位を印可することにより、スパッタリング装置と同様に中間層膜の成膜、及び硬質炭素膜を成膜を行うこ

とも可能である。

【0088】この場合の補助電極14、20は回転軸10の端面10aまたは円周面10bより離れていればよいが、補助電極14、20と回転軸10の端面10aまたは円周面10bとの最も好ましい離間距離は、4~10mm程度である。また、この補助電極14、20は、中間層を成膜する際には中間層材料を用い、硬質炭素膜を成膜する際にはステンレス等の金属材料を用いることが好ましいが、中間層および硬質炭素膜との何れをも成膜する際に同じステンレス等の金属材料を用いたり、同じ中間層材料のものを用いたりしてもよく、この場合には補助電極14、20を交換する手間を省くことができ、作業性が向上する。

【0089】また、中間層や硬質炭素膜等を成膜する前に、回転軸10や真空槽13内の洗浄としてイオンクリーニングを用いることにより、密着性の向上を図ってもよい。

【0090】次に、本発明の請求項11、12に対応する実施の形態を説明する。この実施の形態では、図1や図6に示した成膜装置を使用して、硬質炭素膜を形成する。図1に示すように、スパッタリング装置を用いて成膜する場合には、内部に蒸発源15を備えた真空槽13内において、回転軸10をその端面10aが蒸発源15と対向するように配置する。回転軸10はバイアス電圧電源16に接続し、回転軸10の円周面10bの周囲に、所定の距離をおいて接地電位と接続された補助電極14を設置する。

【0091】そして、真空槽13内を真空度が 1×10^{-5} Torrになるように、排気口12から排気する。その後、ガス導入口11からアルゴンガスと炭素を含むガスを所定の比率に混合して導入し、真空度が 3.0×10^{-3} Torrになるように制御する。このとき、炭素を含むガスとしてアセチレンガスやメタンガスやベンゼンガス等を用いる。

【0092】その後、回転軸10にはバイアス電圧電源16から、負電位にして約50~2000Vを印加し、蒸発源15にはスパッタ電源17を印可し、回転軸10の端面10aに対しては、真空槽13内に蒸発源15と回転軸10の端面10aとの間にプラズマを発生させ、蒸発源15からスパッタされた成膜粒子を蒸発源15と回転軸10の端面10aとの間のプラズマ内でイオン化させて成膜する。また、回転軸10の円周面10bに対しては、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間に電界を発生させる。蒸発源15からスパッタされた成膜粒子は、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間の電界を通過すると、イオンの飛行軌道が回転軸10の円周面10b方向に引き寄せられて成膜する。よって、円周面10bにも端面10aと同様な硬質炭素膜の成膜が可能となり、膜質、硬度、密着性、膜厚がそれぞれ均一化されて良好に成膜することができる。

【0093】また、図6に示すように、真空槽13内に回転軸10をその軸心を中心に円周方向に回転する機構を有するワークホルダー（図示せず）を設置し、回転軸10の円周面10bが中間層材量の蒸発源15と対向するように配置し、回転軸10をバイアス電圧電源16に接続し、回転軸10の端面10aから所定の距離において補助電極14を設置して、回転軸10の円周面10bと補助電極14との間に電界を発生させて硬質炭素膜を成膜しても同様の作用効果が得られる。

【0094】また、硬質炭素膜等を成膜する前に、回転軸10や真空槽13内の洗浄としてイオンクリーニングを用いることにより、密着性の向上を図ってもよい。また、上記各実施の形態においては、補助電極に接地電位を接続する場合を述べたが、これに限るものではない。

【0095】

【発明の効果】従来の技術で述べたように、回転軸の端面と円周面とは方向が異なるため、従来、2面同時に成膜を行った場合には、密着性・硬度・膜厚が均一にならず、これを避けようとして、回転軸の片面ずつの成膜を行うことで、量産性の高い、低コストな成膜はできなかった。

【0096】しかしながら、以上のように本発明によれば、蒸発源と対向している回転軸の面への硬質炭素膜の成膜は真空槽内にプラズマを発生させて蒸発源から放出された成膜粒子をイオン化させ成膜を行い、また、補助電極を設けることにより、蒸発源と対向していない回転軸の面と補助電極との間にプラズマを発生させて、蒸発減から放出された成膜粒子を蒸発源と対向していない回転軸の面と補助電極との間のプラズマ内でイオン化させる。これにより、蒸発源と対向している回転軸の面だけでなく蒸発源と対向していない回転軸の面にも膜厚が均一で密着性の高い薄膜が得られる。

【0097】また、複数の回転軸を配置した場合でも、補助電極を設けることにより、等電位の部位同士の対向する空間がなくなるため、蒸発源と対向している回転軸の面だけでなく蒸発源と対向していない回転軸の面にも膜厚が均一で密着性の高い薄膜が得られるという有利な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図2】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図3】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図4】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図5】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図6】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図7】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図8】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図9】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図10】本発明の実施形態における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す図である。

【図11】従来技術における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す断面図である。

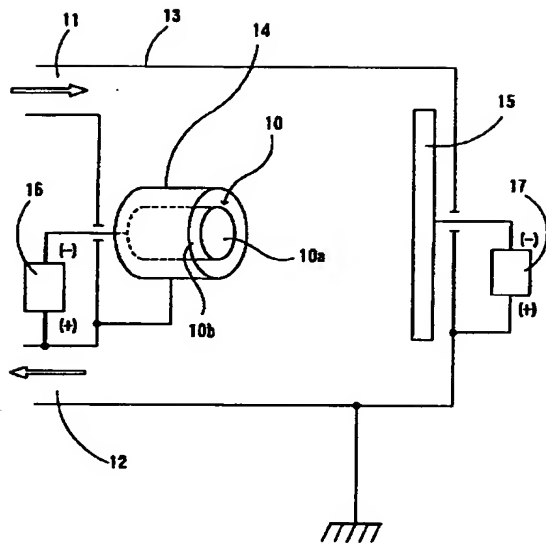
【図12】（a）および（b）はそれぞれ従来技術における回転軸への成膜方法を行う成膜装置の要部を示す断面図である。

【図13】従来技術における回転軸への成膜方法を行う成膜装置を示す断面図である。

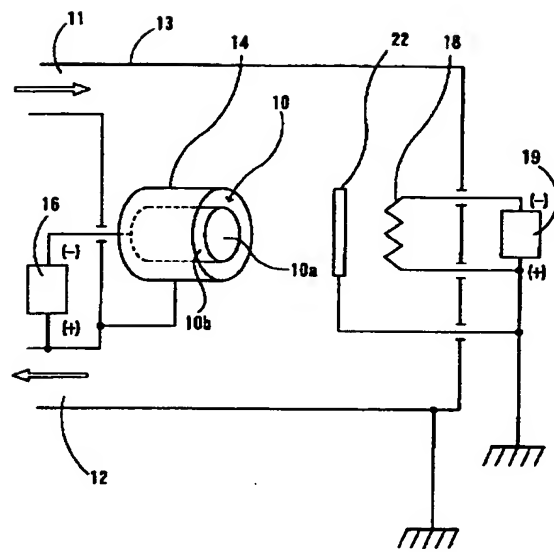
【符号の説明】

10	回転軸
10a	端面
10b	円周面
13	真空槽
14、20	補助電極
15	蒸発源
16	バイアス電圧電源
17	スパッタ直流電源
18	フィラメント
19	フィラメント電源
22	陽極

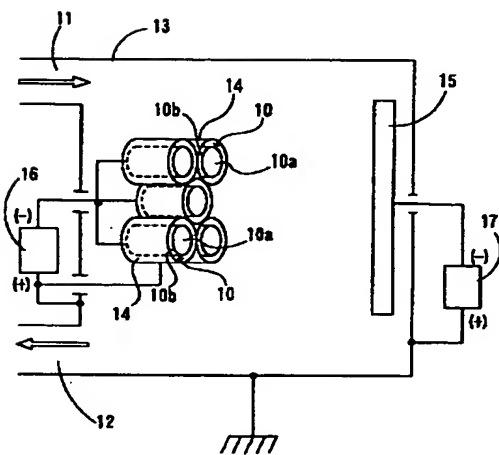
【図1】



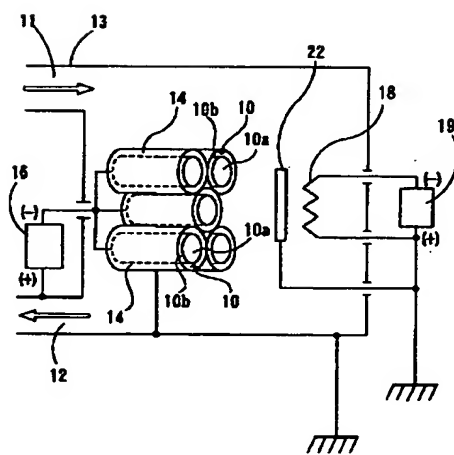
【図2】



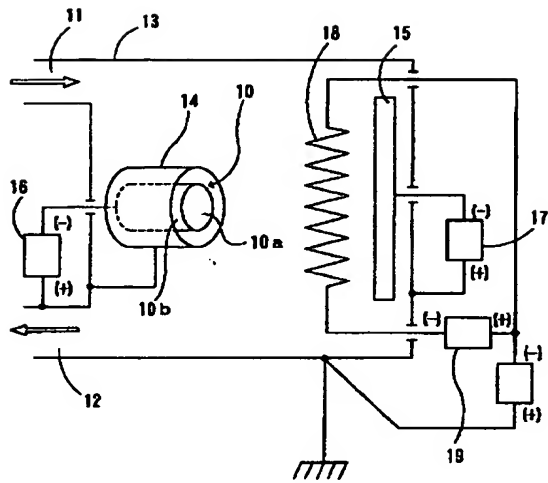
【図3】



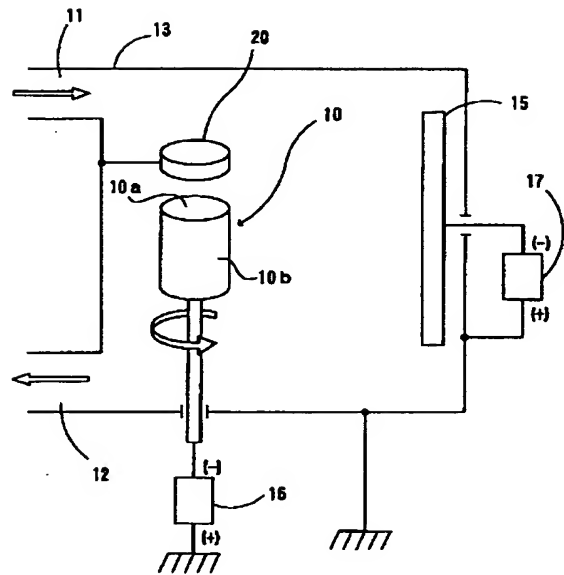
【図4】



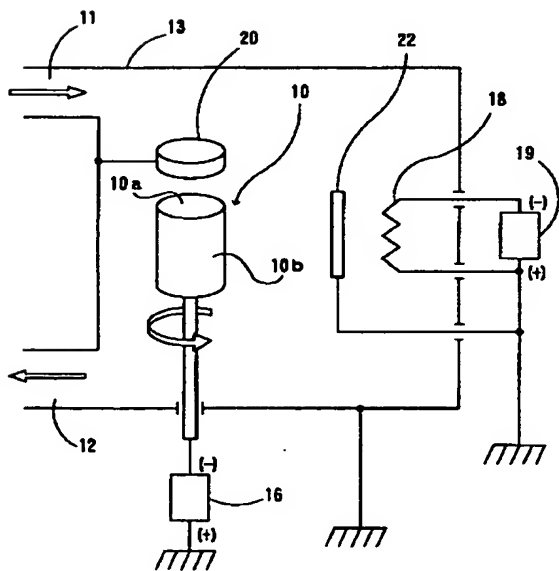
【図 5】



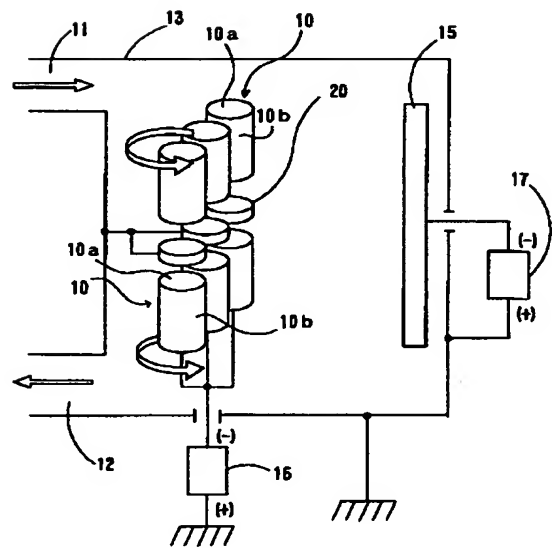
【図 6】



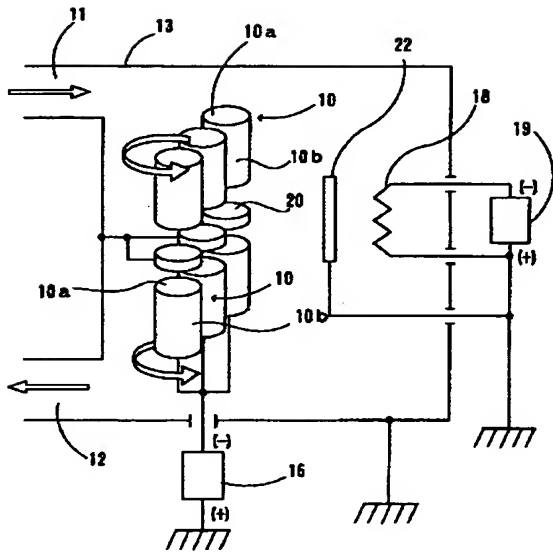
【図 7】



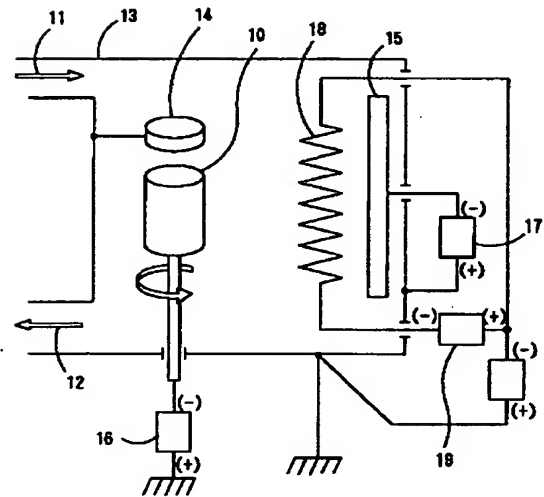
【図 8】



【図9】

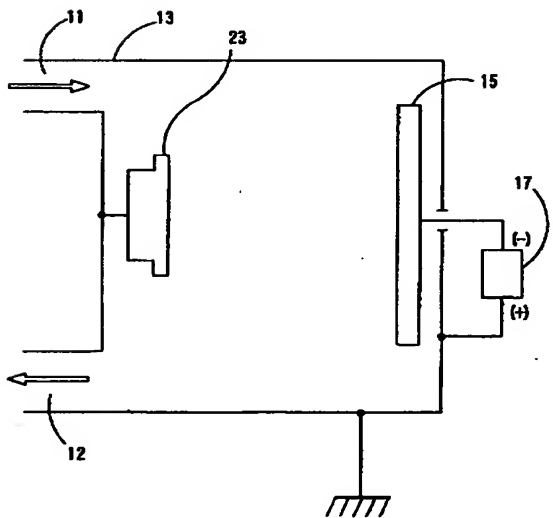


【図10】

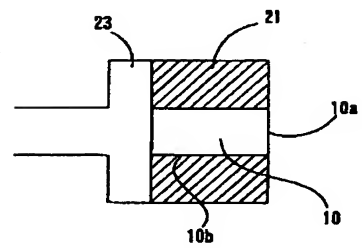


【図12】

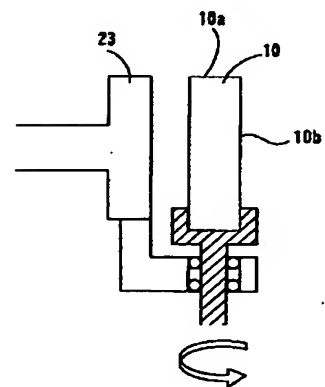
【図11】



(a)



(b)



【図13】

